

# Aplikasi *Filter Multivariate Empirical Mode Decomposition* (MEMD) Untuk Mereduksi Noise pada Data VLF-EM

Muhammad Shafran Shofyan, Anik Hilyah, dan Juan Pandu G.N.R  
Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
e-mail: anik@geofisika.its.ac.id

**Abstrak**—Alat VLF-EM menangkap gelombang elektromagnetik dari medium-medium disekitarnya. Sehingga, alat VLF-EM ini sangat sensitif terhadap benda-benda yang memiliki komponen listrik dan magnet yang besar. Benda-benda tersebut dapat dikatakan sebagai sumber *noise*. Selain itu, radiasi medan elektromagnetik akibat kilat dan petir juga merupakan sumber *noise* pada pengukuran VLF-EM. *Noise-noise* tersebut akan memengaruhi data dan mengakibatkan kesalahan interpretasi. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian yang berjudul “Aplikasi *Filter Multivariate Empirical Mode Decomposition* (MEMD) Untuk Mereduksi Noise Pada Data VLF-EM” untuk menghilangkan *noise-noise* yang ada sehingga hasil akan lebih mudah untuk diinterpretasi. Penggunaan filter MEMD ini dikarenakan filter ini baik digunakan untuk mengolah sinyal secara *multivariate*. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara data yang di-filter dengan *filter moving average* dengan data yang di-filter dengan filter MEMD. Dari hasil penelitian ini, diketahui bahwa filter MEMD dapat mereduksi *noise-noise* yang memiliki frekuensi yang tinggi, terlihat dari hasil penampang resistivitas yang dihasilkan dari proses inversi.

**Kata Kunci**— *Moving Average, Multivariate Empirical Mode Decomposition (MEMD), Noise, VLF-EM*

## I. PENDAHULUAN

PENGUKURAN VLF-EM dilakukan untuk mengetahui prekahan yang ada pada suatu daerah. Pada saat pengukuran dengan menggunakan metode VLF-EM ini terdapat beberapa parameter penting yang perlu diperhatikan. Parameter-parameter ini akan memengaruhi kualitas dari data pengukuran. Pengaruh atmosfer merupakan salah satu parameter pentingnya, dimana pengaruh atmosfer seperti radiasi akibat kilat dan badai magnetik merupakan sumber *noise* utama dalam pengukuran VLF-EM sehingga akan sangat memengaruhi data pengukuran dan akan mempersulit proses interpretasi [1].

Oleh sebab itu, untuk mereduksi *noise* pada data VLF-EM perlu dilakukannya *filtering*. Filter yang digunakan pada penelitian ini adalah *filter Multivariate Empirical Mode Decomposition* (MEMD). Filter ini digunakan karena filter MEMD baik digunakan untuk mengolah sinyal *multivariate* dimana data yang didapat pada alat VLF-EM merupakan data *multivariate*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Metode Very Low Frequency Electromagnetic (VLF-EM)

Metode VLF-EM memanfaatkan gelombang elektromagnetik (medan magnet dan medan listrik) yang berada di bumi. Medan elektromagnetik primer dari sebuah pemancar radio memiliki komponen medan listrik  $E_z$  dan komponen medan magnetic horizontal  $H_y$  yang tegak lurus terhadap arah perambatan sumbu  $x$ , sehingga bila jarak sebuah anomali yang bersifat konduktif cukup jauh dengan antenna pemancar, maka komponen medan elektromagnetik primer  $H_y$  dianggap sebagai gelombang yang berjalan secara horizontal dan akan menginduksi anomaly sehingga akan menimbulkan arus induksi. Nilai arus induksi ini berbanding lurus dengan nilai konduktivitas dari suatu batuan [2].

Arus induksi ini nantinya akan menghasilkan medan magnet sekunder dengan frekuensi yang sama namun dengan fase yang berbeda. Sedangkan, nilai medan magnetik vertical  $H_z$  berguna untuk menentukan anomali.

Gelombang ini yang digunakan untuk mengetahui perbedaan konduktivitas bawah permukaan dengan memanfaatkan persamaan Maxwell.

$$\nabla \times \mathbf{H} = (\sigma + i\omega\epsilon)\mathbf{E} \quad (\text{Hukum Ampere}) \quad (1)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -(i\omega\mu_0)\mathbf{H} \quad (\text{Hukum Faraday}) \quad (2)$$

### B. Filter Multivariate Empirical Mode Decomposition (MEMD)

*Multivariate Empirical Mode Decomposition* (MEMD) adalah pengembangan dari proses EMD dan *Ensemble EMD* (EEMD) karena EMD dan EEMD masih menghasilkan modus campuran yang mengakibatkan *noise residual* tidak terbaca pada IMF-IMF yang ada. Selain itu, proses EMD dan EEMD hanya bisa menangani masalah univariat saja sedangkan masalah *multivariate* belum bisa diatasi. Sehingga *inphase* dan *quadrature* hanya bisa dilakukan pengolahan secara terpisah, padahal interpretasi dan analisis yang dilakukan pada kedua sinyal tersebut harus dilakukan bersamaan untuk mengetahui informasi timbal baliknya. Oleh sebab itu, untuk menyelesaikan masalah *multivariate* diperlukan *multivariate EMD* (MEMD) dimana MEMD berfungsi untuk meningkatkan IMF-IMF yang ada sehingga

IMF *multivariate* yang serupa namun memiliki frekuensi yang berbeda dapat lebih jelas terlihat.

*Multivariate Empirical Mode Decomposition* (MEMD) merupakan perluasan dari EMD dimana EMD menentukan  $K$  IMF  $c_1(t), c_2(t), \dots, c_k(t)$  dan sinyal residu  $r(t)$  dari sebuah sinyal.

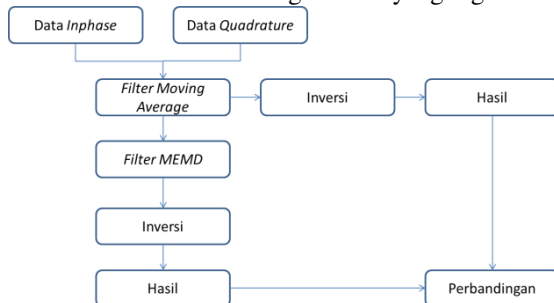
$$x(t) = \sum_{i=1}^K c_i(t) + r(t) \quad (3)$$

MEMD pertama kali diusulkan oleh Rehman dan Mandic[3]. untuk memproses sinyal *multivariate* yang memiliki jumlah channel yang sembarang. Penelitiannya menganggap  $V(s) = \{v_1(s), v_2(s), \dots, v_n(s)\}$  adalah sekumpulan  $n$  data spasial sebagai fungsi ruang ( $s$ ) dan  $X\theta = \{x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k\}$  menunjukkan arah vector sepanjang arah yang diberikan oleh sudut dalam satu set arah. Kemudian, dari IMF kemudian set data spasial diperoleh dari penggunaan algoritma 1 yaitu:

- 1) Bangkitkan sekumpulan vektor arah yang sesuai,  $X$ .
- 2) Hitunglah sebuah proyeksi,  $p^{0k}(s)$ , dari sekumpulan data spasial  $V(s)$  sepanjang vector arah  $X^{0k}$ , untuk semua nilai  $k$ .
- 3) Temukan sesaat spasial  $s_i^{0k}$  yang sesuai dengan maxima proyeksi untuk semua nilai  $k$ .
- 4) Interpolasikan  $s_i^{0k}$  dan  $V(s_i^{0k})$  untuk memperoleh kurva *multivariate envelope*  $e^{0k}(s)$  untuk semua nilai  $k$ .
- 5) Rerata  $M(s)$  dari kurva envelope dihitung dengan  $M(s) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K e^{0k}(s)$ .
- 6) Ekstrak “detail”  $D(s)$  menggunakan  $D(s) = V(s) - M(s)$ . Jika “detail”  $D(s)$  memenuhi kriteria penghentian IMF *Multivariate*, terapkan prosedur di atas untuk  $V(s) - D(s)$ , jika tidak, terapkan ke  $D(s)$ .

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian dari penelitian ini adalah dengan membandingkan hasil dari pengolahan data *inphase* dan *quadrature* yang di-filter dengan *filter moving average* kemudian dibandingkan dengan hasil pem-filter dengan MEMD. Berikut ini adalah diagram alir yang digunakan.

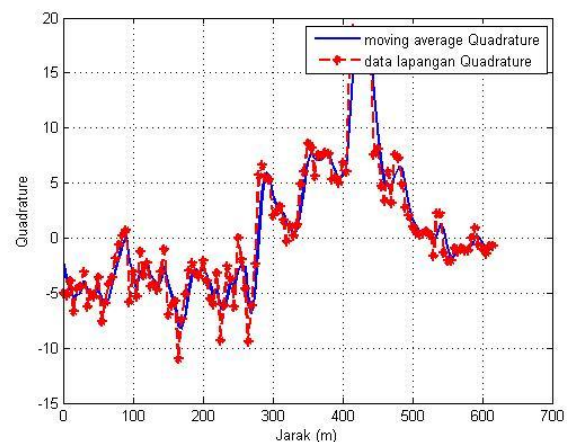
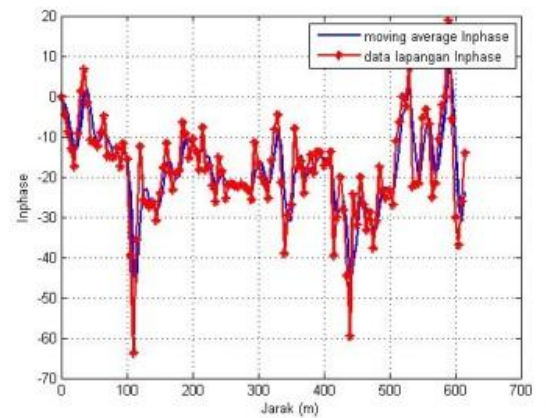


Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

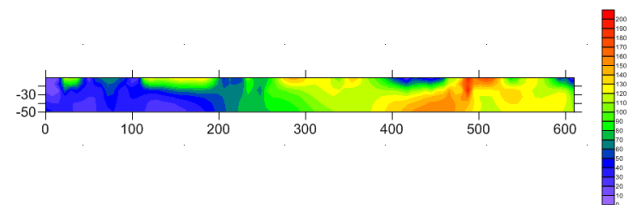
*Filter moving average* merupakan salah satu *filter* yang digunakan untuk mengoreksi nilai sinyal yang terlalu tinggi dan terlalu rendah dengan cara merata-ratakan jumlah data yang ingin di-filter, sehingga akan dihasilkan sinyal yang

lebih *smooth* dan mempunyai kemenerusan. Pada penelitian ini, *filter moving average* digunakan pada setiap 3 data, jadi ketiga data tersebut akan dijumlahkan kemudian hasilnya akan dibagi 3. Berikut ini hasil *filter moving average* pada data *inphase* dan *quadrature* VLF-EM.



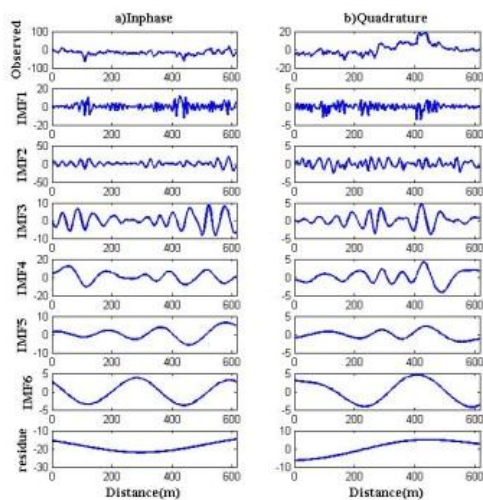
Gambar 2 Hasil *Filter Moving average*. *inphase* (atas), *Quadrature* (bawah)

Dari hasil *filter moving average* kemudian dilakukan inversi untuk mendapatkan model resistivitasnya. Hasilnya ditunjukkan pada gambar 3 dibawah.



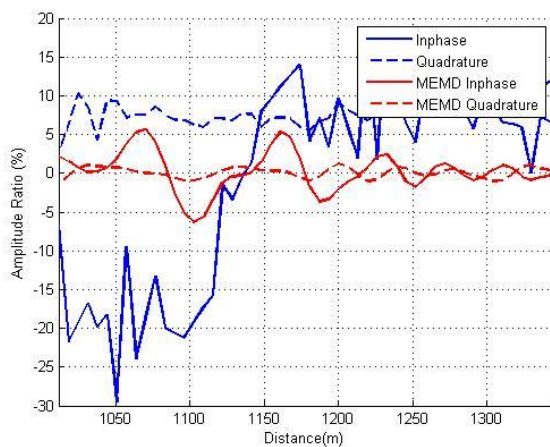
Gambar 3. Penampang resistivitas dari hasil *filter moving average*

Sedangkan penggunaan *filter MEMD* adalah dengan memilih IMF-IMF yang dihasilkan dari *filter* tersebut. Pemilihan ini bertujuan untuk menghapus frekuensi yang tinggi dan residual. Berdasarkan gambar 4 dibawah ini, IMF yang dipilih adalah IMF 3,4, dan 5 karena tidak mengandung frekuensi yang tinggi dan bukan residual.



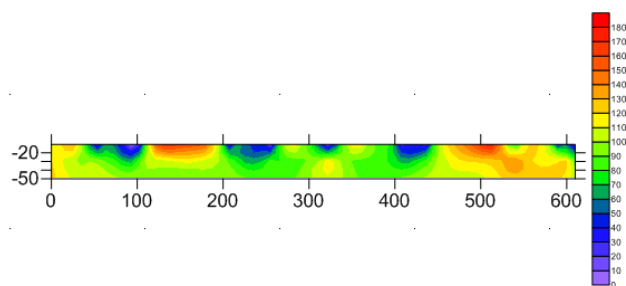
Gambar 4. IMF-IMF yang dihasilkan filter MEMD

IMF 3, 4, dan 5 tersebut akan dikalkulasikan sehingga akan didapatkan sinyal baru yang ditunjukkan pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 5. Sinyal hasil filter MEMD

Dari hasil tersebut dilakukan proses inversi dan didapatkan model resistivitas berikut.



Gambar 6. Penampang resistivitas dari hasil filter MEMD

Berdasarkan perbandingan gambar 2 dan gambar 5, nilai *inphase* dan *quadrature* pada gambar 5 sudah tidak mengandung frekuensi-frekuensi yang tinggi dibandingkan dengan gambar 2, ini berdampak terhadap model resistivitas

yang ditunjukkan pada gambar 3 dan 6, dimana terlihat bahwa hasil persebaran nilai resistivitas pada gambar 6 lebih menyebar dibandingkan dengan gambar 3 hal ini dipengaruhi dari nilai RMS errornya dimana gambar 3 memiliki RMS error sebesar 2.832 sedangkan gambar 6 memiliki RMS error sebesar 1.390. Selain itu, gambar 6 juga terlihat lebih mudah untuk dilakukan interpretasi posisi rekahan dimana rekahan tersebut ditunjukkan dengan nilai resistivitas 0-80 ohm meter (warna biru).

## V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain.

- 1) Filter MEMD efektif untuk mereduksi *noise* yang ada pada data VLF-EM terlihat dari sinyal yang dihasilkan filter ini dimana frekuensi-frekuensi yang tinggi sudah tidak ada.
- 2) Model penampang resistivitas yang dihasilkan dari inversi data yang sudah di-filter MEMD memiliki RMS error yang lebih kecil dibanding data yang di-filter *moving average* yaitu 1.390 berbanding 2.832.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Parulian, Metode Elektromagnetik Very Low Frequency (VLF) untuk Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Lapangan Merah Universitas Padjajaran Bandung, 2007.
- [2] Y. Feriandi, Aplikasi Noise Assisted Multivariate Empirical Mode Decomposition pada Metode Very Low Frequency Electromagnetic untuk Analisa Tanggul Lumpur Sidoarjo. Thesis, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2014.
- [3] N. Rehman and D. P. Mandic, "Multivariate empirical mode decomposition" Proc. R. Soc. Lond. Math. Phys. Eng. Sci., p. rspa20090502, Dec. 2009.